

DOI: 10.12737/ 24384

ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ К ГИПОТЕРМАЛЬНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА РФ

А.Е. БАЖЕНОВА, А.А. ПАХОМОВ, Е.В. ВАЛИЕВА, Я.Ю. АЛЕКСЕНКО

БУ ВО «Сургутский государственный университет», ул. Ленина, 1, Сургут, 628400, Россия

Аннотация. В работе показана практическая возможность применения метода расчета параметров квазиаттракторов в двухмерном фазовом пространстве, в качестве количественной меры реальных изменений параметров нервно-мышечной системы человека в условиях холодного воздействия. Анализ состояния биомеханической системы производился на основе сравнения площадей S квазиаттракторов мужчин с различной физической подготовкой. Уже в первом приближении площади квазиаттракторов демонстрировали различия значений до и после локального холодного воздействия. После локального холодного воздействия, на конкретном примере, происходит увеличение площадей квазиаттракторов в 2,5 раза. При внешнем воздействии (холодовом) увеличивается доля стохастики, и у обоих испытуемых распределение площадей нормальное (в спокойном состоянии – распределение ненормальное). Так же, локальное холодное воздействие приводит к 3-х кратному увеличению числа пар k совпадений у мужчин, не зависимо от их физической подготовки.

Ключевые слова: тремор, квазиаттрактор, холодное воздействие, матрица парных сравнений.

PROBLEMS OF ADAPTATION TO HYPOTHERMAL STRESS IN THE NORTH OF THE RUSSIAN FEDERATION

A.E. BAZHENOVA, A.A. PAHOMOV, E.V. VALIEVA, Ya.U. ALEKSENKO

Surgut State University, Lenin pr., 1, Surgut, 628400, Russia

Abstract. The work shows the feasibility of applying the method for calculating the parameters of quasi-attractor in two-dimensional phase plane as a quantitative measure of real changes in the parameters of the neuromuscular system of the person in conditions of cold exposure. Analysis of the state of the biomechanical system has been made on the basis of a comparison of the areas S of the quasi-attractors of men with different physical training. Already in the first approximation, the squares of the quasi-attractors showed the differences in the values before and after local cold exposure. After local cold exposure, in a specific example, there is an 2,5 times increase in squares of the quasi-attractors. When an external impact (cold) increases the share of stochastic and both subjects, the distribution of areas is normal (nonparametric distribution in case of rest). Also, local cold exposure leads to a 3-fold increase in the number of pairs k of matches for men, regardless of their physical fitness.

Key words: tremor, quasiattractor, cold exposure, matrix of pair wise comparison.

Введение. Воздействие неблагоприятных климато-географических факторов оказывает негативное влияние на качество жизни и здоровья каждого жителя Югры [2,17]. Этим факторам характерна хаотическая динамика изменения параметров среды обитания, таких как резкое изменение атмосферного давления, влажности и тем-

пературы атмосферного воздуха. Необходимо отметить, что температуры минус 30-35°C являются характерными для зимнего периода территории ХМАО-Югры. Влияние метеофакторов на состояние ФСО в целом и на НМС – несомненно. Негативные факторы среды по-разному оказывают воздействие на организм человека в разные

возрастные периоды и при различной его физической активности, что уже отмечалось многими авторами в своих исследованиях. Адаптация человека в этих условиях достигается путём напряжения и сложной перестройки гомеостатических систем организма [7,10-12,14-16,19].

В связи с этим повышается роль адаптационных способностей организма к условиям с низким температурным режимом, что является индивидуальной особенностью каждого человека и ее расчет в рамках стохастики весьма затруднителен. Состояние *функциональных систем организма* (ФСО) человека к гипотермальным воздействиям представляет особый интерес в рамках *теории хаоса-самоорганизации* (ТХС) [3,5,6,8,20]. В наших исследованиях выполнялся анализ параметров НМС человека, который характеризует изменения именно у мужчин при локальном холодовом воздействии. Более того, вся ТХС разрабатывается сейчас для индивидуальной медицины и физиологии (спорта). В рамках этих результатов предлагаются подобные тесты по параметрам треморограмм, которые можно использовать в практической деятельности тренера и медицинского работника [1,4,9,13,18].

Цель исследования – оценка особенностей хаотической динамики тремора микродвижений верхних конечностей мужчин с различной физической подготовленностью до и после локального холодового воздействия.

Объекты и методы исследования. В исследовании приняли участие мужчины, проживающие на территории округа не менее 5 лет. Средний возраст обследуемых: 28-30 лет. В зависимости от степени физической активности было сформировано 2 группы мужчин по 15 человек. В первую группу отнесли мужчин, занимающихся физическими упражнениями нерегулярно (не спортсмены), менее 3-х раз в неделю. Во вторую группу вошли мужчины, профессионально занимающиеся спортом (спортсмены), имеющие спортивную квалификацию не ниже 1-го взрослого разряда и продолжающие заниматься систематиче-

скими физическими упражнениями более 3-х раз в неделю.

У испытуемых регистрировались параметры тремора с помощью биофизического измерительного комплекса, разработанного в лаборатории Биокбернетики и биофизики сложных систем при СурГУ (рис.1) [9]. Установка включает металлическую пластинку (2), которая крепится жестко к пальцу испытуемого, токовихревой датчик (1), усилитель, *аналого-цифровой преобразователь* (АЦП) (3) и компьютер с оригинальным программным обеспечением. В качестве фазовых координат, помимо координаты $x_1=x(t)$ перемещения конечности, использовалась координата скорости перемещения пальца $x_2=v(t)=dx_1/dt$. Регистрируемые с помощью АЦП (3) треморограммы, квантовались с периодом квантования всех треморограмм, $t=0,01$ сек. и регистрировались в виде файла (общее время регистрации i -й выборки $T=5$ сек., количество точек в раскрытом файле $z=500$). Перед испытуемыми стояла задача удержать палец в пределах заданной области, осознанно контролируя его неподвижность. Каждый испытуемый проходил 15 серий эксперимента ($N=15$), в каждой из которых регистрация тремора проводилась 15 раз ($n=15$) в спокойном состоянии и аналогично ($N=15, n=15$) после локального холодового воздействия (испытуемый погружал кисть в емкость с водой с температурой $T \approx 2-4$ °С).

Обработка данных и регистрация тремора конечности испытуемых проводилась на ЭВМ с использованием программы «Charts3». Благодаря запатентованному программному продукту удалось построить фазовые плоскости и рассчитать площади *квазиаттракторов* (КА). Затем было произведено попарное сравнение отрезков треморограмм для каждой выборки треморограмм испытуемого на предмет принадлежности всех этих выборок к общей генеральной совокупности (у одного и того же испытуемого).

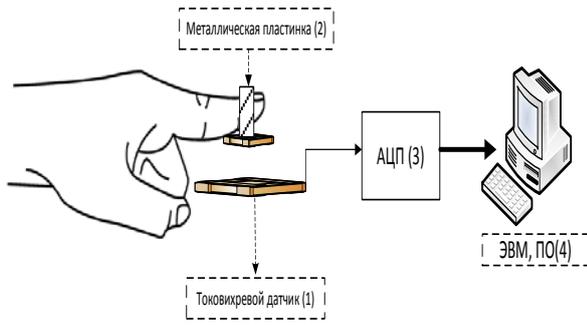


Рис. Схема биоизмерительного комплекса регистрации тремора

Статистическая обработка данных осуществлялась при помощи программного пакета «Statistica 10». Анализ соответствия вида распределения полученных данных закону нормального распределения производился на основе вычисления критерия Шапиро-Уилка. При использовании непараметрического парного сравнения треморограмм с помощью критерия Вилкоксона были построены 15×2 таблиц для каждого испытуемого в спокойном состоянии и после локального холодового воздействия [8,20].

Результаты и их обсуждение. В рамках ТХС нами были построены фазовые плоскости для всех 15-ти выборок (N) из 15-ти серий (n) экспериментов каждого испытуемого до и после локального холодового воздействия. Для КА были рассчитаны площади S , которые находились как произведение двух вариационных размахов фазовых координат Δx_1 и Δx_2 , т.е. $S = \Delta x_1 \times \Delta x_2$. При этом вектор $x(t) = (x_1, x_2)^T$ совершал хаотические движения в пределах этих КА (их S). Анализ всех полученных значений S представляет схожую картину в виде данных испытуемых: не спортсмена – БДК и спортсмена – АИА (как типовых).

В табл. представлены значения S выборок треморограмм испытуемого БДК и АИА для одной из серий эксперимента: до и после локального холодового воздействия. Уже в первом приближении S для КА демонстрировали различия значений до и после локального холодового воздействия. При расчете среднего значения площадей ($\langle S \rangle$) и стандартного отклонения (σ, \pm), были получены следующие данные: среднее значение площадей КА $\langle S \rangle$ испытуемого БДК до локального холодового воздействия

равно $0,61 \times 10^{-6} \pm 0,38 \times 10^{-6}$ у.е., а после $\langle S \rangle = 1,53 \times 10^{-6} \pm 1,08 \times 10^{-6}$ у.е. В случае с испытуемым АИА (спортсмен) среднее значение площадей КА $\langle S \rangle$ до локального холодового воздействия равно $0,34 \times 10^{-6} \pm 0,16 \times 10^{-6}$ у.е., а после $\langle S \rangle = 0,84 \times 10^{-6} \pm 0,38 \times 10^{-6}$ у.е. Таким образом, после локального холодового воздействия у обоих испытуемых (не спортсмен и спортсмен) происходит увеличение площади КА в 2,5 раза. В целом, такая динамика наблюдается у всех испытуемых.

Следует отметить, что при проверке на соответствие вида распределения полученных данных площадей S обоих испытуемых ($n=15$) до холодового воздействия имеют ненормальное распределение. Медианное значение (Me) S не спортсмена в спокойном состоянии равно $0,48 \times 10^{-6} (0,23; 1,75)$ у.е. и спортсмена $Me = 0,31 \times 10^{-6} (0,14; 0,71)$ у.е. При внешнем воздействии (холодовом) увеличивается доля стохастики, и у обоих испытуемых распределение площадей нормальное.

Таблица

Площади ($S \times 10^{-6}$) квазиаттракторов выборок треморограмм испытуемых

№	До холодового воздействия	После холодового воздействия	До холодового воздействия	После холодового воздействия
1	0,89	2,32	0,33	1,03
2	0,44	4,14	0,22	0,89
3	0,32	2,37	0,26	0,17
4	0,56	0,93	0,62	1,44
5	0,48	1,35	0,14	0,60
6	1,75	0,29	0,31	1,23
7	0,77	0,43	0,52	1,15
8	0,34	2,10	0,23	1,06
9	0,23	2,41	0,28	1,18
10	0,45	0,28	0,35	0,53
11	0,55	1,39	0,32	1,03
12	0,48	2,15	0,18	0,28
13	0,49	1,50	0,31	0,77
14	0,42	0,96	0,31	0,92
15	1,04	0,26	0,71	0,39
$\langle S \rangle$	0,61	1,53	0,34	0,84
σ, \pm	0,38	1,08	0,16	0,38

При использовании непараметрического парного сравнения с помощью критерия Вилкоксона были получены 15×2 таблиц, в которых представлены результаты расчета матриц (15×15) парного сравнения треморограмм $N=15, n=15$. Динамика не-

произвольных микродвижений конечностей (тремора пальцев рук), как реакция на статическую нагрузку, проявлялась в изменении числа совпадений произвольных пар выборок (k), которые (пары) можно отнести к одной генеральной совокупности. В нашей работе представлены число совпадений произвольных пар выборок (k) для обоих испытуемых (не спортсмена и спортсмена) в спокойном состоянии (k_1 и k_3) и после локального холодого воздействия (k_2 и k_4). Их число увеличивается с $k_1=3$ совпадений в спокойном состоянии до $k_2=9$ совпадений после локального холодого воздействия у испытуемого БДК (не спортсмена), и с $k_3=2$ до $k_4=6$ у испытуемого АИА (спортсмена). Таким образом, локальное холодое воздействие приводит к 3-х кратному увеличению числа пар совпа-

ний у мужчин, не зависимо от их физической подготовки. Новая методика расчета матрицы парных сравнений выборок позволяет оценить влияние локального холодого воздействия на ФСО.

Выводы. Прослеживается динамика увеличения площадей квазиаттракторов после локального холодого воздействия в 2,5 как у не спортсменов, так и у спортсменов.

Прослеживается трехкратное превышение k_2 и k_4 по отношению к k_1 и k_3 , что характеризует различия между свободным состоянием и треморограммами после локального холодого воздействия у испытуемых. Причем различия в значениях k не зависят от физической подготовленности.

Литература

References

1. Башкатова Ю.В., Белощенко Д.В., Баженова А.Е., Мороз О.А. Хаотическая динамика параметров кардиоинтервалов испытуемого до и после физической нагрузки при повторных экспериментах // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, № 3. С. 39–46.
2. Веракса А.Н., Филатова Д.Ю., Поскина Т.Ю., Ключ Л.Г. Термодинамика в эффекте Еськова – Зинченко при изучении стационарных состояний сложных биомедицинских систем // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, №2. С. 18–25.
3. Еськов В.В., Филатов М.А., Филатова Д.Ю., Прасолова А.А. Границы детерминизма и стохастики в изучении биосистем – complexity // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. №1. С. 83–91.
4. Еськов В.М., Хадарцев А.А., Козлова В.В., Филатова О.Е. Использование статистических методов и методов многомерных фазовых пространств при оценке хаотической динамики параметров нервно-мышечной системы человека в условиях акустических воздействий // Вестник новых медицинских технологий. 2014. Т. 21, № 2. С. 6–10.
5. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатов

Bashkatova YuV, Beloshchenko DV, Bazhenova AE, Moroz OA. Khaoticheskaya dinamika parametrov kardiointervalov ispytuemogo do i posle fizicheskoy nagruzki pri povtornykh eksperimentakh [Chaotic dynamics of the parameters of the cardiointervals of the subject before and after of physical load with the repeated experiments]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(3):39-46. Russian.

Veraksa AN, Filatova DYU, Poskina TYu, Klyus LG. Termodinamika v effekte Es'kova – Zinchenko pri izuchenii statsionarnykh sostoyaniy slozhnykh biomeditsinskikh sistem [Thermodynamics in the effect Of eskova – Zinchenko during the study of the steady states of the complex biomedical systems]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(2):18-25. Russian.

Es'kov VV, Filatov MA, Filatova DYu, Prasolova AA. Granitsy determinizma i stokhastiki v izuchenii biosistem – complexity [The boundaries of determinism and statistics in the study of ecosystems - complexity]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;1:83-91. Russian.

Es'kov VM, Khadartsev AA, Kozlova VV, Filatova OE. Ispol'zovanie statisticheskikh metodov i metodov mnogomernykh fazovykh prostranstv pri otsenke khaoticheskoy dinamiki parametrov nervnomyshechnoy sistemy cheloveka v usloviyakh akusticheskikh vozdeystviy. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2014;21(2):6-10. Russian.

Es'kov VM, Zinchenko YuP, Filatov MA, Es'kov

- М.А., Еськов В.В. Эффект Еськова-Зинченко опровергает представления I.R. Prigogine, JA. Wheeler и M. Gell-Mann о детерминированном хаосе биосистем – complexity // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, №2. С. 34–43.
6. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Филатова О.Е., Веракса А.Н. Биофизические проблемы в организации движений с позиций теории хаоса-самоорганизации // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, №2. С. 182–188.
7. Еськов В.М., Зинченко Ю.П., Хадарцев А.А., Филатова О.Е. Основы физического (биофизического) понимания жизни // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2016. № 2. С. 58–65.
8. Еськов В.В., Зинченко Ю.П., Филатова О.Е., Стрельцова Т.В. Объективная оценка сознательного и бессознательного в организации движений // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, №3. С. 31–38.
9. Карасева Ю.В., Морозов В.Н., Хадарцев А.А., Хапкина А.В. Оценка системных механизмов адаптации при нанесении криотравмы по коэффициенту активности синтоксических программ адаптации // Вестник новых медицинских технологий. 2001. Т. 8, № 2. С. 39.
10. Морозов В.Н., Хадарцев А.А., Ветрова Ю.В., Гуськова О.В. Неспецифические (синтоксические и кататоксические) механизмы адаптации к длительному воздействию холодового раздражителя // Вестник новых медицинских технологий. 2000. Т. 7, № 3-4. С. 100–105.
11. Морозов В.Н., Хадарцев А.А., Карасева Ю.В., Морозова В.И., Хапкина А.В. Диагностика адаптивных процессов у лиц подверженных длительному холодовому процессу // Клиническая лабораторная диагностика. 2001. № 11. С. 45.
12. Морозов В.Н., Хапкина А.В., Карасева Ю.В., Хадарцев А.А., Карташова Н.М., Наумова Э.М. Возможности управления течением холодовой травмы активацией синтоксических программ адаптации // Современные наукоемкие технологии. 2004.
- VV. Effekt Es'kova-Zinchenko oprovergaet predstavleniya I.R. Prigogine, JA. Wheeler i M. Gell-Mann o determinirovannom khaose biosistem – complexity [The effect Of eskova – Zinchenko refutes the ideas I.R. Prigogine, JA. Wheeler and M. Gell-Mann on determined chaos of the biosystems – complexity]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(2):34-43. Russian.
- Es'kov VM, Zinchenko YuP, Filatova OE, Veraksa AN. Biofizicheskie problemy v organizatsii dvizheny s pozitsiy teorii khaosa – samoorganizatsii [Biophysical problems in the organization of dvizheny from the positions of the theory of chaos – of self-organizing]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(2):182-8. Russian.
- Es'kov VM, Zinchenko YuP, Khadartsev AA, Filatova OE. Osnovy fizicheskogo (biofizicheskogo) ponimaniya zhizni [Bases of the physical (biophysical) understanding of the life]. Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2016;2:58-65. Russian.
- Es'kov VV, Zinchenko YuP, Filatova OE, Strel'tsova TV. Ob"ektivnaya otsenka soznatel'nogo i bessoznatel'nogo v organizatsii dvizheniy [Objective evaluation of the conscious and unconscious in the organization motions]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2016;23(3):31-8. Russian.
- Karaseva YuV, Morozov VN, Khadartsev AA, Khapkina AV. Otsenka sistemnykh mekhanizmov adaptatsii pri nanesenii kriotravmy po koeffitsientu aktivnosti sintoksicheskikh programm adaptatsii [Estimation of the system mechanisms of adaptation during putting of cryo-injury according to the activity coefficient of the sintoksicheskikh programs of the adaptation]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2001;8(2):39. Russian.
- Morozov VN, Khadartsev AA, Vetrova YuV, Gus'kova OV. Nespetsificheskie (sintoksicheskie i katatoksicheskie) mekhanizmy adaptatsii k dlitel'nomu vozdeystviyu kholodovogo razdrazhatelya [Nonspecific (syntoxic and catatoxic) mechanisms of an adaptation to a long -term exposure to a chilling irritant]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2000;7(3-4):100-5. Russian.
- Morozov VN, Khadartsev AA, Karaseva YuV, Morozova VI, Khapkina AV. Diagnostika adaptivnykh protsessov u lits podverzhennykh dlitel'nomu kholodovomu protsessu [Diagnostics of adaptive processes in the persons of those subjected to the prolonged cold process]. Klinicheskaya laboratornaya diagnostika. 2001;11:45. Russian.
- Morozov VN, Khapkina AV, Karaseva YuV, Khadartsev AA, Kartashova NM, Naumova EM. Vozmozhnosti upravleniya techeniem kholodovoy travmy aktivatsiey sintoksicheskikh programm adaptatsii [Control capabilities of the flow of cold injury by the activation of the sintoksicheskikh programs of the

№ 6. С. 94.

13. Морозов В.Н., Хадарцев А.А., Карасева Ю.В., Морозова В.И., Дармограй В.Н., Хапкина А.В. Способ лечения отморожений // Патент №2261707, Бюл. № 28 от 10.10.2005. adaptation]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*. 2004;6:94. Russian. Morozov VN, Khadartsev AA, Karaseva YuV, Morozova VI, Darmogray VN, Khapkina AV; inventors. *Sposob lecheniya otmorozheniy*. Russian Federation patent RU 2261707; 2005. Russian.
14. Морозов В.Н., Карасева Ю.В., Морозова В.И., Хапкина А.В., Дармограй В.Н. Низкотемпературные факторы в биологических и медицинских системах. Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. 411 с. Morozov VN, Karaseva YuV, Morozova VI, Khapkina AV, Darmogray VN. *Nizkotemperaturnye faktory v biologicheskikh i meditsinskikh sistemakh* [Low-temperature factors in the biological and medical systems]. Tula: Izd-vo TulGU; 2012. Russian.
15. Морозов В.Н., Карасева Ю.В., Борисова О.Н., Гальцев А.С., Хапкина А.В. Низкотемпературные воздействия в сочетании с алкогольной зависимостью // Клиническая медицина и фармакология. 2016. Т. 2, №1. С. 62–65. Morozov VN, Karaseva YuV, Borisova ON, Gal'tsev AS, Khapkina AV. *Nizkotemperaturnye vozdeystviya v sochetanii s alkohol'noy zavisimost'yu* [Low-temperature actions in combination with the alcoholic dependence]. *Klinicheskaya meditsina i farmakologiya*. 2016;2(1):62-5. Russian.
16. Русак С. Н., Филатова О.Е., Бикмухаметова Л.М. Неопределенность в оценке погодноклиматических факторов на примере Хмао-Югры // Вестник новых медицинских технологий. 2016. Т. 23, № 1. С. 15–20. Rusak SN, Filatova OE, Bismukhametova LM. *Neopredelennost' v otsenke pogodno-klimaticheskikh faktorov na primere Khmao-Yugry* [Uncertainty in pogodno's assessment-climatic factors on the example of Khanty-Mansi autonomous okrug – Ugra]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii*. 2016;23(1):15-20. Russian.
17. Фудин Н.А., Чернышев С.В., Классина С.Я. Медико-биологические технологии при подготовке спортсменов высшей квалификации (краткий литературный обзор) // Вестник новых медицинских технологий. 2016. №2. С. 206–213. DOI: 10.12737/20450 Fudin NA, Chernyshev SV, Klassina SYa. *Medikobiologicheskie tekhnologii pri podgotovke sportsmenov vysshey kvalifikatsii (kratkiy literaturnyy obzor)* [Medical and biological technologies in preparing of athletes high qualification (brief review)]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii*. 2016;2:206-13. DOI: 10.12737/20450
18. Хадарцев А.А., Морозов В.Н., Карасева Ю.В., Хадарцева К.А., Фудин Н.А. Патопфизиология стресса, как баланс стрессогенных и антистрессовых механизмов // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. 2012. № 7. С. 16–21. Khadartsev AA, Morozov VN, Karaseva YuV, Khadartseva KA, Fudin NA. *Patofiziologiya stressa, kak balans stressogennykh i antistressovykh mekhanizmov* [Pathophysiology of stress as the balance of the stressogenic and anti-stress mechanisms]. *Vestnik nevrologii, psikiatrii i neyrokhirurgii*. 2012;7:16-21. Russian.
19. Eskov V.M., Eskov V.V., Gavrilenko T.V., Vochmina Yu.V. Formalization of the Effect of “Repetition without Repetition” by N.A. Bernstein // *Biofizika*. 2017. Vol. 62, No 1. P. 168–176. Eskov VM, Eskov VV, Gavrilenko TV, Vochmina YuV. *Formalization of the Effect of “Repetition without Repetition” by N.A. Bernstein*. *Biofizika*. 2017;62(1):168-76.
20. Betelin V.B., Eskov V.M., Galkin V.A., Gavrilenko T.V. The principle of uncertainty in the dynamics of the behavior of complex homeostatic systems // *Doklady Mathematics*. 2017. Vol. 472, No. 6. P. 1–3. Betelin VB, Eskov VM, Galkin VA, Gavrilenko TV. *The principle of uncertainty in the dynamics of the behavior of complex homeostatic systems*. *Doklady Mathematics*. 2017;472(6):1-3.